

***Trichoderma* Asal Akar Kopi Dari Alor: Karakterisasi Morfologi dan Keefektifannya Menghambat *Colletotrichum* Penyebab Penyakit Antraknosa secara *in Vitro*.**

Trichoderma of Coffee Roots From Alor: Morphological characteristic and *in vitro* Efficacy to Inhibit *Colletotrichum* Causing Anthracnose

Didiana Yanuarita Molebila^{1*}, Ade Rosmana², Untung Surapaty Tresnaputra²

¹Universitas Tribuana Kalabahi, Alor 85811

²Universitas Hasanuddin, Makassar 90245

ABSTRAK

Trichoderma merupakan cendawan yang mampu berasosiasi dengan sistem perakaran tanaman kopi. Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik morfospesies *Trichoderma* sp. dari akar kopi asal Alor, Nusa Tenggara Timur (NTT) dan menguji kemampuannya dalam menghambat perkembangan *Colletotrichum* sp. penyebab penyakit antraknosa secara *in vitro*. Sampel akar tanaman kopi sehat diambil dari perkebunan kopi di kabupaten Alor, NTT. Isolasi cendawan *Trichoderma* dari akar kopi dilakukan dengan menginkubasikan akar kopi yang telah disterilkan terlebih dahulu pada lapisan kertas saring lembab dalam cawan petri selama tujuh hari. Identifikasi *Trichoderma* dengan pengamatan ciri koloni pada medium agar-agar dekstrosa kentang (ADK) dan mikroskopis menggunakan mikrokultur (*slide culture*). Penghambatan cendawan *Trichoderma* terhadap *Colletotrichum* diuji dengan metode kultur ganda pada medium ADK. Hasil inkubasi akar pada kondisi lembab menunjukkan adanya empat morfospesies *Trichoderma* yang memiliki perbedaan karakteristik yang spesifik. Uji antagonisme *in vitro* pada medium ADK terhadap tiga morfospesies *Trichoderma* menunjukkan bahwa masing-masing dapat menghambat berturut-turut 70.2%, 65.8%, dan 63.3% pada lima hari setelah inokulasi. Data ini memperlihatkan bahwa *Trichoderma* yang diisolasi dari akar kopi asal Alor berpotensi untuk menekan pertumbuhan patogen antraknosa.

Kata kunci: *Colletotrichum*, *in vitro*, karakterisasi morfologi.

ABSTRACT

Trichoderma is a fungus capable of intimate associations with plant root systems including on coffee plants. This aim of study is to determine the characteristics of *Trichoderma* morphospecies from coffee roots of Alor origin, East Nusa Tenggara (NTT) and its ability to inhibit the growth of *Colletotrichum* causing anthracnose disease *in vitro*. Root samples of healthy coffee plants were taken from the location of coffee plantations in Alor District, NTT. Isolation of *Trichoderma* fungi from coffee roots was done by incubating the sterilized coffee roots in a layer of moist filter paper in a petri dish for seven days. Identification of *Trichoderma* by observing the characteristics of the colony on the medium of potato dextrose agar (PDA) and microscopic media using microcultures (*slide culture*). Inhibition of *Trichoderma* fungi against *Colletotrichum* was tested by multiple culture methods on PDA. The results of root incubation in humid conditions showed that there was four morphospecies of *Trichoderma* fungi, each of which had different characteristic specifications. *In vitro* antagonism in test on PDA, the first

*Alamat penulis korespondensi: Fakultas Pertanian dan Perikanan, Universitas Tribuana Kalabahi. Kel. Welai Timur, Kec. Teluk. Mutiara, Kabupaten Alor, Nusa Tenggara Timur. 85811
Surel: yanuarita.didiana187@gmail.com

three morphospecies against *Colletotrichum* showed that each *Trichoderma* could inhibit 70.2%, 65.8%, and 63.3%, respectively, five days after inoculation. This data shows that *Trichoderma* isolated from coffee roots from Alor has the potential to suppress the growth of anthracnose pathogens.

Key words: *Colletotrichum*, in vitro, morphology characterization.

PENDAHULUAN

Trichoderma spp. merupakan salah satu agens hayati yang berpotensi untuk mengendalikan sejumlah patogen seperti *Phytophthora capsici* pada vanili (Taufiq 2012), *Phytophthora palmivora* pada kakao (Hakkar *et al.* 2014), *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi* pada jahe (Nurbailis *et al.* 2015), dan *Fusarium* spp pada kopi (Mulaw *et al.* 2013).

Trichoderma dapat berasosiasi secara erat dengan sistem perakaran tanaman sehingga disebut sebagai simbiosis avirulen oportunistik. Fase kritis dari asosiasi ini adalah penetrasi ke dalam lapisan luar sel akar tanaman dan menetap pada lapisan tersebut (Samuels *et al.* 2002; Harman *et al.* 2004). Selain itu, *Trichoderma* merupakan endosimbion avirulen yang banyak ditemukan pada jaringan kayu dan daun tanaman tropika seperti *Cola* spp., *Herrania* sp., *Theobroma* spp., dan *Hevea* spp. (Evans *et al.* 2003; Chaverri *et al.* 2011; Rosmana *et al.* 2015).

Karakteristik spesifik isolat sangat berhubungan dengan inang dan lokasi pengambilan isolat. Isolat lokal dengan karakteristik spesifik berpotensi sebagai agens hayati. Pengendalian hayati bersifat spesifik lokal, yaitu mikroorganisme antagonis yang terdapat di suatu daerah hanya akan memberikan hasil yang baik di daerah asalnya (Erwanti *et al.* 2003). Prayudi *et al.* (2000), melaporkan bahwa isolat *Trichoderma* sp. asal Kalimantan Selatan memiliki kemampuan daya hambat yang lebih baik terhadap penyakit hawar pelepah daun padi pada lahan pasang surut di Kalimantan Selatan dibandingkan dengan isolat asal Yogyakarta. Oleh karena itu, dalam usaha mengendalikan penyakit kopi di Alor, Nusa Tenggara Timur, maka perlu dilakukan identifikasi dan karakterisasi

Trichoderma spp. dari perakaran tanaman kopi di Alor dan menguji kemampuannya sebagai agens hayati untuk menekan penyakit antraknosa.

BAHAN DAN METODE

Pengambilan Sampel

Sampel akar diambil dari 5 tanaman kopi sehat di perkebunan kopi kabupaten Alor, Nusa Tenggara Timur (NTT). Sampel dimasukkan dalam plastik dan diberi label, dan dibawa ke laboratorium untuk penelitian selanjutnya.

Isolasi dan Identifikasi *Trichoderma*

Akar kopi dibersihkan dan dicuci di bawah air mengalir selama ± 5 menit, kemudian dipotong sebesar 1 cm \times 1 cm. Potongan akar disterilkan menggunakan akuades steril, etanol 95%, dan NaOCl 0.5%. Akar dikeringanginkan dan diletakkan pada cawan petri yang telah dilapisi 3 lembar kertas saring basah, kemudian diinkubasi pada suhu kamar selama 7 hari. Cendawan yang tumbuh dari sampel akar dimurnikan pada medium agar-agar dektrosa kentang (ADK) yang ditambahkan streptomisin.

Identifikasi morfologi *Trichoderma* spp. dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis dengan mengamati warna koloni, bentuk koloni, bentuk konidium, klamidiospora, hifa bersekat, konidiofor tegak bercabang dan fialid pendek tebal. Identifikasi cendawan *Trichoderma* spp. mengacu pada kunci identifikasi Samuels dan Hebbbar (2015).

Pengamatan mikroskopis cendawan dilakukan pada mikrokultur. Cawan petri steril diisi dengan 3 lembar tisu (berbentuk bundar) yang telah ditetaskan akuades untuk menciptakan kelembaban yang optimum bagi pertumbuhan cendawan. Di atas tisu diletakkan kaca objek yang diberi 1 tetes

medium ADK yang telah ditumbuhkan spora *Trichoderma* spp. Kaca objek ditutup dengan kaca penutup, dan diinkubasi pada suhu 25–27 °C selama 3 hari, kemudian diamati menggunakan mikroskop.

Pengujian Antagonisme *Trichoderma* terhadap *Colletotrichum* sp. secara *in Vintro*

Trichoderma hasil isolasi diuji keefektifannya terhadap *Colletotrichum* asal kakao. *Trichoderma asperellum* asal kakao digunakan sebagai pembanding. Uji antagonis disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan (termasuk kontrol) yang diulang 4 kali. Uji antagonisme pada medium ADK dengan metode kultur ganda. Biakan *Trichoderma* dan *Colletotrichum* yang berumur 7 hari ditumbuhkan pada medium ADK sintetik secara berpasangan dengan jarak antara keduanya ialah 3 cm. Sebagai kontrol digunakan biakan *Colletotrichum* yang ditumbuhkan tanpa *Trichoderma*. Kultur tersebut kemudian diinkubasikan pada suhu ruang selama 2 hari.

Pengamatan dilakukan pada 3 dan 5 hari setelah inokulasi dengan mengukur luas koloni cendawan patogen. Selanjutnya diamati pula mekanisme kompetisinya dengan melihat perkembangan cendawan antagonis dan patogen dalam memenuhi cawan petri, dan mekanisme paratisme dilakukan berdasarkan perkembangan hifa cendawan antagonis yang mampu melewati dan menutupi koloni cendawan patogen (Nurbailis *et al.* 2015).

Persentase penghambatan cendawan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$P = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100\%, \text{ dengan}$$

P, presentase penghambatan (%); R1, rata-rata diameter *Colletotrichum* sp. kontrol; R2, rata-rata diameter *Colletotrichum* sp. perlakuan.

Analisis Data

Data karakterisasi morfospesies yang diperoleh dianalisis deksriptif menurut Semuels dan Hebbbar (2015). Data uji antagonisme yang diperoleh dianalisis menggunakan ANOVA dan uji Duncan pada taraf 5%

untuk mengetahui perbedaan perlakuan uji menggunakan program SPSS versi 16.

HASIL

Karakteristik Mikroskopis dan Makrospecies Morfospecies *Trichoderma*

Berdasarkan hasil analisis data deskriptif diperoleh empat morfospesies *Trichoderma* dari perakaran tanaman kopi asal Alor, Nusa Tenggara Timur. Empat morfospesies dibedakan berdasarkan warna koloni, tetapi bentuk koloninya memiliki kemiripan, yaitu bulat memenuhi medium kultur, hifa berbentuk seperti benang, dan spora menyebar tidak merata pada bagian atas hifa (Gambar 1). Warna koloni bervariasi mulai dari putih hingga putih kehijauan, hijau kekuningan, dan hijau gelap. Warna putih merupakan warna hifa seperti kumpulan benang sedangkan warna hijau merupakan warna spora/konidium (Tabel 1). Pertumbuhan koloni *Trichoderma* memenuhi seluruh permukaan cawan petri pada 4 hari setelah inokulasi (HSI), kecuali *Trichoderma* morfospesies 3 (Gambar 2).

Karakteristik mikroskopis empat morfospesies *Trichoderma* (T-1 sampai T-4) tidak memiliki perbedaan yang menonjol. Bentuk konidiofornya tegak bercabang, konidia oval, hifa bersekat, dan fialid pendek serta tebal. Seluruh klamidiospora yang ditemukan berbentuk agak, tetapi letaknya berbeda. Klamidiospra T-1 terletak pada bagian tengah hifa, T-2 ujung hifa, sedangkan pada T-3 dan T-4 klamidiospora terletak pada tengah dan ujung hifa (Tabel 1).

Antagonisme *Trichoderma* terhadap *Colletotrichum* sp.

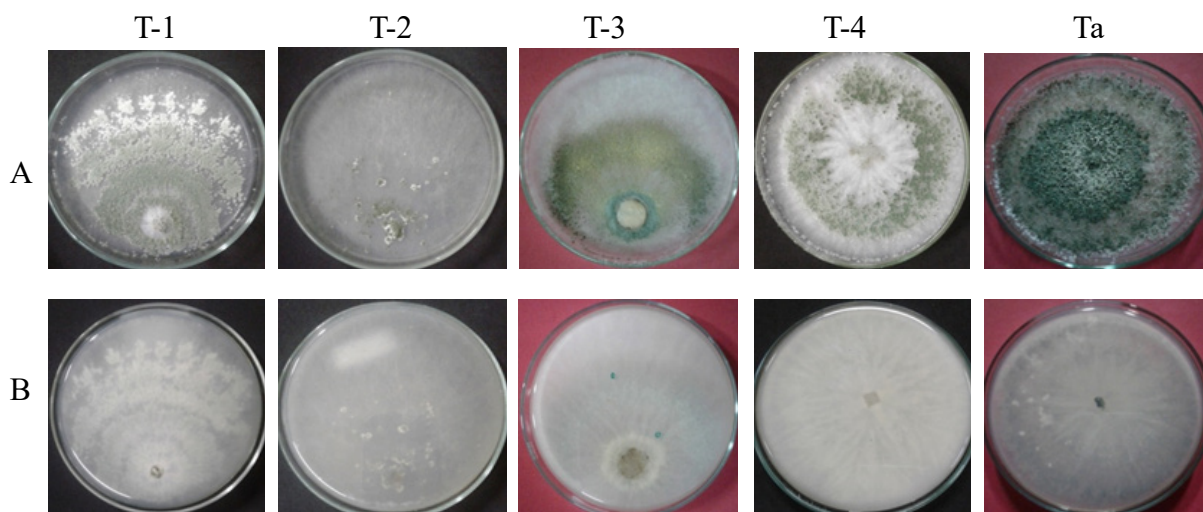
Hasil pengujian dual kultur menunjukkan adanya mekanisme kompetisi dan memungkinkan adanya mekanisme parasitisme. Hal ini dilihat dengan pertumbuhan antagonis secara cepat memenuhi cawan petri dan menutupi patogen (Gambar 3). Persen penghambatan *Trichoderma* secara berturut-turut dari yang tertinggi ialah T-3 (70.2%), T-2 (65.8%), dan T-1 (63.3%). Persen penghambatan seluruh morfospesies *Trichoderma* berbeda nyata

dengan perlakuan *Trichoderma asperellum*, kecuali perlakuan *Trichoderma* T-3. Semua perlakuan morphospesies *Trichoderma* berbeda nyata dengan perlakuan T-4 dan kontrol (Tabel 2).

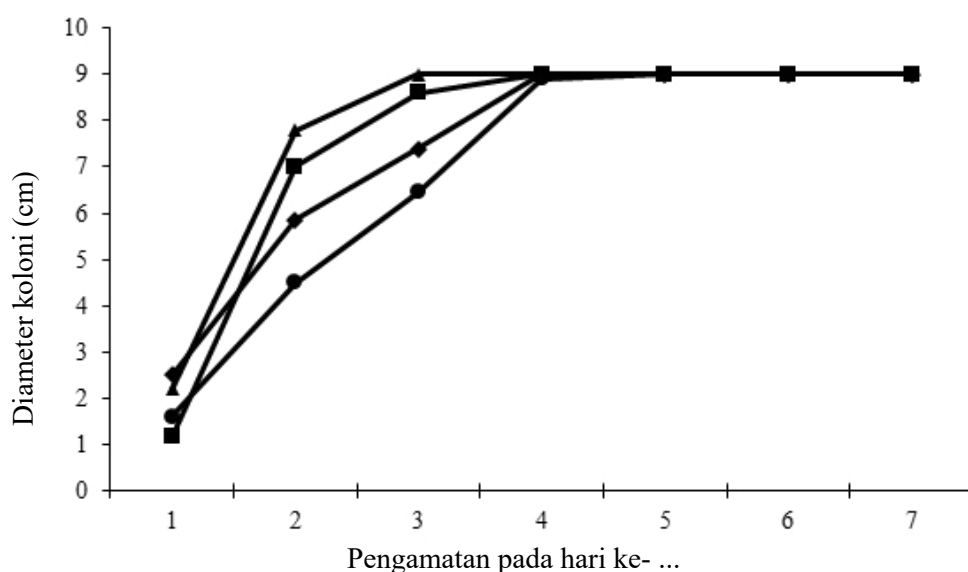
PEMBAHASAN

Morfologi biakan *Trichoderma* yang diisolasi dari akar kopi asal Alor NTT memiliki kenampakan makroskopik yang

berbeda, tetapi mirip secara mikroskopis. Perbedaan karakteristik makroskopis nampak pada warna koloni di medium ADK. Saat fase kematangan, sebagian besar spesies *Trichoderma* memiliki warna konidia hijau, dan sedikit spesies yang memiliki warna konidia putih. Warna konidia *Trichoderma* sp. cukup beragam di antaranya, yaitu kuning kehijauan, coklat kehijauan sampai hijau gelap (Semuels dan Hebbbar 2015).



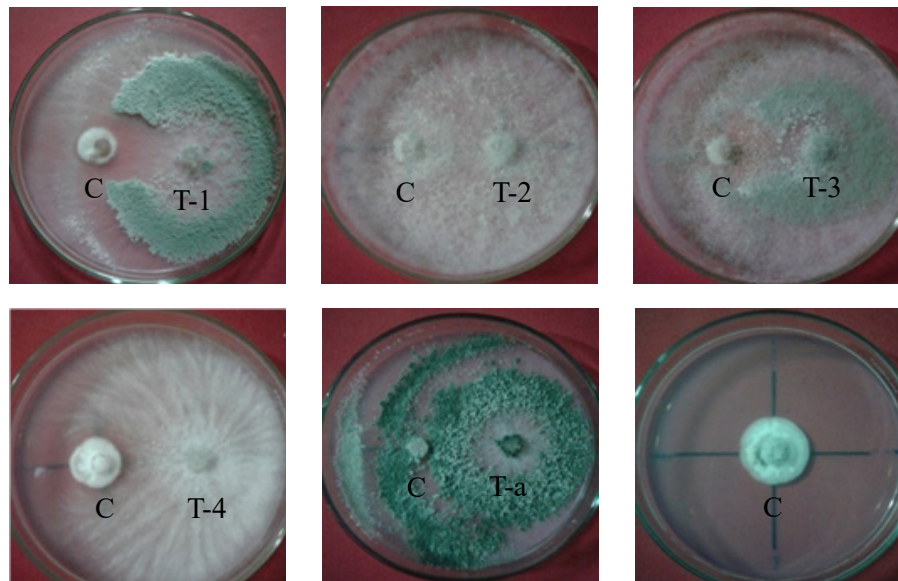
Gambar 1 Empat morfospesies *Trichoderma* sp. asal akar kopi dan *T. asperellum* (Ta). T-1; *Trichoderma* morfospesies 1; T-2, *Trichoderma* morfospesies 2; T-3, *Trichoderma* morfospesies 3; T-4, *Trichoderma* morfospesies 4; A, Tampak atas; dan B, Tampak bawah.



Gambar 2 Grafik rata-rata pertumbuhan koloni cendawan *Trichoderma* spp selama 7 hari. —▲—, *Trichoderma* morfospesies 1; —■—, *Trichoderma* morfospesies 2; —◆—, *Trichoderma* morfospesies 3; dan —●—, *Trichoderma* morfospesies 4.

Tabel 1. Karakteristik morfospesies *Trichoderma* dari akar kopi

Morfoespesies	Makroskopis		Mikroskopis (Perbesaran 10× dan 40×)				
	Warna koloni	Bentuk koloni	Konidiofor	Fialid	Konidia	Hifa	Klamidiospora
T-1	Hifa berwarna putih dan spora berwarna hijau keabuan	Bulat memenuhi medium kultur, hifa seperti benang, spora menyebar tidak merata	Tegak bercabang	Pendek, tebal	Oval	Bersekat	Agak bulat pada tengah hifa
T-2	Hifa berwarna putih krem dan spora berwarna hijau dikelilingi warna putih	Bulat memenuhi medium kultur, hifa seperti benang, koloni spora bergerigi dengan lingkaran putih dan menyebar tidak merata	Tegak bercabang	Pendek, tebal	Oval	Bersekat	Bulat pada ujung hifa
T-3	Hifa berwarna putih krem dan spora berwarna hijau kekuningan	Bulat memenuhi medium kultur, hifa seperti benang, spora menyebar tidak merata	Tegak bercabang	Pendek, tebal	Oval	Bersekat	Agak bulat pada tengah dan ujung hifa
T-4	Hifa berwarna putih pekat dengan spora berwarna hijau	Bulat memenuhi medium kultur, hifa seperti benang, spora menyebar tidak merata	Tegak bercabang	Pendek, tebal, melengkung	Oval	Bersekat	Agak bulat pada tengah dan ujung hifa



Gambar 3 Model antagonisme beberapa *Trichoderma* spp terhadap *Colletotrichum* sp. secara *in vitro* pada 5 HSI dibandingkan dengan kontrol. T-1; *Trichoderma* morfospesies 1; T-2, *Trichoderma* morfospesies 2; T-3, *Trichoderma* morfospesies 3; T-4, *Trichoderma* morfospesies 4; Ta, *Trichoderma asperellum*; dan C, *Colletotrichum* sp.

Tabel 2 Daya hambat *Trichoderma* spp. terhadap *Colletotrichum* sp. secara *in vitro*

Perlakuan	Daya hambat (%) pada hari ke- ...	
	3	5
T-1	29.6 bc	63.3 c
T-2	34.5 cd	65.8 c
T-3	39.3 cd	70.2 cd
T-4	19.3 b	43.4 b
Ta	45.2 d	74.5 d
Kontrol	0.0 a	0.0 a

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Pertumbuhan koloni *Trichoderma* relatif cepat. Pada 3 HSI hifanya sudah tumbuh memenuhi cawan petri. Alfizar *et al.* (2013) menjelaskan bahwa pertumbuhan koloni *Trichoderma* spp. pada medium kultur dapat mencapai diameter 5–6 cm pada hari ketiga setelah inokulasi.

Karakterisasi mikroskopis morfospesies empat isolat tersebut ialah memiliki bentuk koloni bulat dengan hifa yang bersekat, konidiofor tegak bercabang, fialid tebal dan pendek, bentuk klamidiospora agak bulat dengan bentuk konidia oval. Semuels dan Hebbbar (2015) menjelaskan *Trichoderma* memiliki konidiofor berbentuk hialin dengan

ukuran yang beragam, kebanyakan bercabang, tidak semuanya tegak lurus, bentuk fialid tunggal atau berkelompok, memiliki bentuk konidia hialin, bersel satu, berbentuk bulat seperti telur dan bertumpu membentuk tandan kecil.

Trichoderma umumnya dikenal sebagai cendawan antagonis terhadap patogen tanaman. Mekanisme antagonis *Trichoderma* spp. ialah antibiosis, mikoparasitisme dan kompetisi. Mekanisme antibiosis dapat terjadi karena *Trichoderma* menghasilkan beberapa toksin mirip antibiotik seperti alametichin, paracelsin, dan tricotoksin yang dapat menghancurkan sel cendawan lainnya melalui kerusakan terhadap permeabilitas dinding sel. Disamping itu, *Trichoderma* juga menghasilkan kitinase dan laminarinase yang dapat menyebabkan lisis dinding sel cendawan lainnya (Gusanawaty *et al* 2014).

Trichoderma spp. umumnya banyak ditemukan sebagai endofit pada bagian akar dan daun tanaman, di antaranya pada perakaran tanaman kopi. Mulaw *et al.* (2010) menjelaskan bahwa terdapat keberagaman *Trichoderma* spp. yang ditemukan sebagai endofit pada akar tanaman kopi (*Coffea arabica*) di Ethiopia. Spesies cendawan ini

beragam sesuai dengan kebutuhan nutrisi yang diperoleh dari tanaman inangnya. Cendawan endofit bersimbiosis mutualisme pada inangnya untuk mendapatkan nutrisi dari hasil metabolisme tanaman dan memproteksi tanaman dari herbivora, serangga, atau patogen, sedangkan tanaman mendapatkan derivat nutrisi dan senyawa aktif yang diperlukan selama hidupnya (Simarmata *et al.* 2007).

Pengujian antagonisme menunjukkan bahwa adanya mekanisme antagonis yang terjadi antara *Trichoderma* spp. dan *Colletotrichum* sp. Mekanisme antagonis yang nampak berupa mikoparasit dan kompetisi, serta diduga juga menghasilkan antibiosis untuk menghambat pertumbuhan *Colletotrichum* sp. Adanya zonasi pada medium kultur merupakan ciri mekanisme antibiosis, tetapi pada pengujian ini tidak begitu nampaknya zonasi antara *Trichoderma* spp. dan *Colletotrichum* sp. Hal ini terjadi karena *Trichoderma* spp. dengan cepat menguasai medium kultur dan menekan perkembangan *Colletotrichum* sp untuk mendapatkan nutrisi. Di samping itu, pertumbuhan cendawan *Trichoderma* sp. pada perlakuan dapat melewati koloni *Colletotrichum* sp. sebagai ciri mekanisme mikoparasit, yakni menekan pertumbuhan patogen dengan cara melilit hifa patogen, mengeluarkan enzim β 1,3 glukonase dan kitinase yang dapat menembus dinding sel inang dan memarasit sel patogen untuk memperoleh nutrisi (Taufiq 2012; Nurbailis *et al.* 2015).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua isolat *Trichoderma* yang diisolasi dari akar kopi berpotensi menghambat pertumbuhan *Colletotrichum* sp. Gusnawaty *et al.* (2014), menjelaskan bahwa *Trichoderma* spp. asal Sulawesi Tenggara dapat menghambat pertumbuhan *Colletotrichum* sp. dengan rata-rata persentase penghambatan 65.07%–77.69% dengan mekanisme kompetisi ruang, mikoparasit dan diduga menghasilkan antibiosis. Namun bila sifat antagonis keempat morfospesies dibandingkan, yaitu T-3 memiliki potensi yang lebih besar, karena memiliki daya hambat terhadap *Colletotrichum* yang hampir sama dengan *Trichoderma asperellum*.

Spesies *Trichoderma asperellum* diketahui efektif mengendalikan penyakit *vascular streak dieback* dan busuk buah pada kakao (Hakkar *et al.* 2014; Rosmana *et al.* 2015).

Dengan demikian, kesimpulan penelitian ini ialah empat morfospesies *Trichoderma* asal akar kopi memiliki perbedaan karakteristik secara makroskopis dan mikroskopis, serta efektif dalam menghambat pertumbuhan *Colletotrichum* sp pada medium kultur dengan persentase daya hambat mencapai 70.2%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) selaku penyedia dana pendidikan dan dana penelitian selama penulis melanjutkan studi di Universitas Hasanuddin, Makassar (nomor kontrak: PRJ-1251/LPDP/2015). Disampaikan terima kasih juga kepada pegawai Fakultas Pertanian dan Program Studi HPT, Laboran Laboratorium Penyakit Tumbuhan dan teman-teman program Magister IHPT yang telah membantu penulis selama menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfizar A, Marlina M, Susanti F. 2013. Kemampuan antagonis *Trichoderma* sp. terhadap beberapa jamur patogen *in vitro*. J Floratek. 8(1):45–51.
- Chaverri P, Gazis RO, Samuels GJ. 2011. *Trichoderma amazonicum*, a new endophytic species on *Hevea brasiliensis* and *H. guianensis* from the Amazon basin. Mycologia. 103:139–151. DOI: <https://doi.org/10.3852/10-078>.
- Erwanti, Mardius Y, Habazar T, Bachtiar A. 2003. Studi kemampuan isolat-isolat jamur *Trichoderma* spp. yang beredar di Sumatera Barat untuk mengendalikan jamur patogen *Sclerotium roffsii* pada bibit cabai. *Prosiding Kongres Nasional XVI dan Seminar Ilmiah PFI*; 2003 Agu 22–24. Bogor.
- Evans HC, Holmes KA, Thomas SE. 2003. Endophytes and mycoparasites associated

- with an indigenous forest tree, *Theobroma gileri*, in Ecuador and a preliminary assessment of their potential as biocontrol agents of cocoa diseases. *Mycological Progress*. 2(2):149–160. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11557-006-0053-4>.
- Gusnawaty H, Taufik M, Herman H. 2014. Efektifitas *Trichoderma* indigenus Sulawesi Tenggara sebagai biofungisida terhadap *Colletotrichum* sp. secara *in-vitro*. *Jurnal Agroteknos*. 4(1):38–43.
- Hakkar AA, Rosmana A, Rahim MD. 2014. Pengendalian penyakit busuk buah *Phytophthora* pada kakao dengan cendawan endofit *Trichoderma asperellum*. *J Fitopatol Indones*. 10:139–144. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.10.5.139>.
- Harman GE, Howell CR, Viterbo A, Chet I, Lorito M. 2004. *Trichoderma* species -opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature reviews microbiology*. 2(1):43–56. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>.
- Mulaw TB, Kubicek CP, Druzhinina IS. 2010. The rhizosphere of coffee arabica in its native highland forests of Ethiopia provides a niche for a distinguished diversity of *Trichoderma*. *Diversity*. 2:527–549. DOI: <https://doi.org/10.3390/d2040527>.
- Mulaw TB, Druzhinina IS, Kubicek CP, Atanasova L. 2013. Novel endophytic *Trichoderma* spp. isolated from healthy coffee arabica roots are capable of controlling coffee tracheomycosis. *Diversity*. 5:750–766. DOI: <https://doi.org/10.3390/d5040750>.
- Nurbailis, Winarto, Panko A. 2015. Penapisan cendawan antagonis indigenos rizosfer jahe dan uji daya hambatnya terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *zingiberi*. *J Fitopatol Indones*. 11:9–13. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.13.1.9>.
- Prayudi B, Budiman A, Rystham MA, Rina Y. 2000. *Trichoderma harzianum* isolat Kalimantan Selatan agensi pengendali hawar pelepah daun padi dan layu semai kedelai di lahan pasang surut. *Prosiding Simposium Penelitian Tanaman Pangan IV*; Banjarbaru.
- Rosmana A, Samuels GJ, Ismaiel A, Ibrahim ES, Chaverri P, Herawati Y, Asman A. 2015. *Trichoderma asperellum*: a dominant endophyte species in cacao grown in Sulawesi with potential for controlling vascular streak dieback disease. *Tropical Plant Pathology*. 40(1):19–25. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40858-015-0004-1>.
- Samuels GJ, Dodd SL, Gams W, Castlebury LA, Petrini O. 2002. *Trichoderma* species associated with the green mold epidemic of commercially grown *Agaricus bisporus*. *Mycologia*. 94:146–170. DOI: <https://doi.org/10.1080/15572536.2003.11833257>.
- Samuels GJ, Hebbard PK. 2015. *Trichoderma, Identification and Agricultural Application*. Minnesota (US): APS.
- Simarmata R, Lekatompessy S, Sukiman H. 2007. Isolasi mikroba endofitik dari tanaman obat sambung nyawa (*Gynura procumbens*) dan analisis potensinya sebagai antimikroba. *Berk Penel Hayati*. 13:85–90. DOI: <https://doi.org/10.23869/bphjbr.13.1.200714>.
- Taufiq E. 2012. Potensi *Trichoderma* spp dalam menekan perkembangan penyakit busuk pucuk vanili di pembibitan. *Buletin RISTRI*. 3:49–56.